

УДК 681.3

DOI: [10.26102/2310-6018/2022.38.3.015](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2022.38.3.015)

Оптимизация ресурсного обеспечения при заданном горизонте планирования процесса развития организационной системы с использованием визуально-экспертного моделирования

А.И. Львович, А.П. Преображенский✉

*Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация
app@vvt.ru✉*

Резюме. В статье рассматривается комплекс задач управления ресурсным обеспечением развития организационной системы при заданном горизонте планирования. Для их решения предлагается интегрировать в рамках единой алгоритмической схемы визуально-экспертное и оптимизационное моделирование. Первая задача нацелена на определение значимости мониторируемых показателей функционирования организационной системы при реализации процесса ее развития. Для решения предложена визуализация исходных данных, позволяющая ускорить и повысить точность экспертных оценок при выборе структуры прогностической модели. Данная задача направлена на эффективную обработку данных мониторингового оценивания с применением приемов визуализации. Вторая задача является задачей многоальтернативной оптимизации, использующей результаты решения первой задачи и обеспечивающей распределение интегрального объема ресурсного обеспечения на повышение уровня наиболее значимых для развития показателей. Третья задача характеризует управленческие решения по распределению ресурсного обеспечения между временными интервалами при заданном горизонте планирования. Показано, что сочетание визуально-экспертного и оптимизационного моделирования позволяет найти оптимальное распределение, в большей мере соответствующее реальному функционированию организационной системы, чем в случае применения традиционного метода многошагового процесса принятия оптимальных решений. Решение перечисленных задач объединено в рамках алгоритмической схемы, каждая процедура которой включает определенные действия по визуализации данных, прогнозированию, экспертизе и принятию оптимальных решений.

Ключевые слова: организационная система, управление, ресурсное обеспечение, развитие, визуализация, прогнозирование, экспертное оценивание, оптимизация.

Для цитирования: Львович А.И., Преображенский А.П. Оптимизация ресурсного обеспечения при заданном горизонте планирования процесса развития организационной системы с использованием визуально-экспертного моделирования. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2022;10(3). Доступно по: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1231>
DOI: 10.26102/2310-6018/2022.38.3.015

Optimization of resource support at a given planning horizon of the organizational system development process using visual expert modeling

A.I. Lvovich, A.P. Preobrazhenskiy✉

*Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russian Federation
app@vvt.ru✉*

Abstract. The paper deals with the issues concerning resource support management in the development of an organizational system at a given planning horizon. To solve them, integrating visual expert and optimization modeling within a single algorithmic scheme is proposed. The first task is aimed at determining the importance of the monitored indicators of the organizational system functioning in the implementation of the development process. To address it, a visualization of the initial data is suggested, which helps to accelerate and improve the accuracy of expert assessments when choosing the structure of the forecast model. It is targeted at effective processing of monitoring assessment data by means of visualization techniques. The second task is a multi-alternative optimization problem that uses the solutions of the first task and ensures the distribution of the integral amount of resource support to increase the level of the indicators most crucial for development. The third task characterizes management decisions on the distribution of resource support between time ranges at a given planning horizon. It is shown that the combination of visual expert and optimization modeling makes it possible to find the optimal distribution which is more consistent with the real functioning of the organizational system compared to the traditional method of multi-step process of making optimal decisions. The solutions of these problems are combined within an algorithmic scheme and each procedure includes certain actions for data visualization, forecasting, examination and making optimal decisions.

Keywords: organizational system, management, resource support, development, visualization, forecasting, expert assessment, optimization.

For citation: Lvovich A.I., Preobrazhenskiy A.P. Optimization of resource support at a given planning horizon of the organizational system development process using visual expert modeling. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2022;10(3). Available from: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1231> DOI: 10.26102/2310-6018/2022.38.3.015 (In Russ.).

Введение

Одной из важных задач управления ресурсным обеспечением развития организационной системы является задача оптимизации при заданном горизонте планирования [1]. Ее решение включает три основных этапа:

1) определение значимости мониторируемых показателей функционирования организационной системы для реализации процесса ее развития при заданном горизонте планирования;

2) распределение интегрального объема ресурсного обеспечения V для повышения уровня наиболее значимых при развитии показателей с учетом экспертных оценок потребности в ресурсе;

3) распределение объема ресурсного обеспечения для повышения уровня наиболее значимых для развития показателей между временными интервалами в рамках заданного горизонта планирования.

Исходной информацией для решения перечисленных задач, кроме интегрального объема ресурсного обеспечения, являются данные мониторингового оценивания показателей эффективности функционирования организационной системы [1] за период $t = \overline{1, T}$, предшествующий планированию процесса развития на период $T + t_1, t_1 = \overline{1, T_1}$:

$$y_j(t), j = \overline{1, J}, t = \overline{1, T}, \quad (1)$$

где y_j – мониторируемые значения показателей эффективности;

$j = \overline{1, J}$ – нумерационное множество мониторируемых показателей;

T_1 – заданный горизонт планирования.

Первая задача решается путем экспертного оценивания ранговой упорядоченности показателей по их влиянию на развитие организационной системы [2] с одновременной редукцией до множества $j_1 = \overline{1, J_1} \in \overline{1, J}$, вычисления на основе значений рангов коэффициентов значимости показателей α_{j_1} [1].

Вторая задача решается на основе модели многоальтернативной оптимизации [3]:

$$\begin{aligned} \sum_{j_1=1}^{J_1} \alpha_{j_1} &\rightarrow \max, \\ \sum_{j_1=1}^{J_1} v_{j_1}^o x_{j_1} &\leq V, \\ x_{j_1} &= \begin{cases} 1, & j = \overline{1, J_1}, \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

где

$$x_{j_1} = \begin{cases} 1, & \text{если целесообразно выделять ресурсное обеспечение, направленное на} \\ & \text{изменение показателя } y_{j_1} \text{ до уровня } y_{j_1}^o, \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$v_{j_1}^o$ – экспертные оценки потребности в ресурсном обеспечении изменения показателя y_{j_1} до уровня $y_{j_1}^o$.

В результате получаем нумерационное множество показателей $j' = \overline{1, J'} \in \overline{1, J_1}$, для которых оптимальное решение $x_{j_1}^* = 1$ и на изменение которых целесообразно выделять ресурсное обеспечение $v_{j_1}^o$.

Решение третьей задачи представляет собой многошаговый процесс принятия оптимальных решений [4] при следующих экстремальных и граничных требованиях по каждому показателю из множества $j' = \overline{1, J'}$:

$$\begin{aligned} \sum_{t_1=1}^T \hat{y}_{j'}^{t_1} (v_{j'}^{t_1}) &\rightarrow \text{extr}, \\ \sum_{t_1=1}^T v_{j'}^{t_1} &\leq v_{j'}^o, \\ v_{j'}^{t_1} &\geq 0, \end{aligned} \quad (3)$$

где $\hat{y}_{j'}^{t_1}$ – нормированные значения показателя для интервала времени $[t_1, t_1 + 1]$,

$$\hat{y}_{j'}^{t_1} = \frac{y_{j'}^o - y_{j'}^{t_1}}{y_{j'}^o} \text{ – для случая увеличения значения показателя от уровня } y_{j'}^{t_1}, \text{ до } y_{j'}^o.$$

Для декомпозиции многомерной задачи (3) на T_1 одномерных [4] используются экспертные оценки функций изменения $\hat{y}_{j'}^{t_1}$ для фиксированного $t_1 \in \overline{1, T_1}$ от значений $\hat{v}_{j'}^{t_1}$, заданных дискретным множеством и нарастающих по величине от $\hat{v}_{j'}^{t_1}$ до $V_{j'}^o$

$$\hat{v}_{j'}^1, \dots, \hat{v}_{j'}^{t_1}, \dots, \hat{v}_{j'}^{T_1} = v_{j'}^o. \quad (4)$$

Таким образом, решение рассматриваемого комплекса задач управления ресурсным обеспечением развития организационной системы при заданном горизонте планирования основано на объединении оптимизационного и экспертного моделирования [5]. В [6] показано, что для задач аналогичных задачам первого и второго этапов, ускорение и повышение точности процесса принятия решений достигается за счет визуализации данных мониторинга [7] и дополнительного применения процедур визуально-экспертного моделирования.

Целью данной статьи является разработка эффективных процедур принятия решений на основе интеграции визуально-экспертного и оптимизационного моделирования при выполнении всех трех этапов оптимального управления.

Для достижения этой цели решены следующие задачи:

- 1) выбор приемов визуализации данных мониторинга для построения процедур визуально-экспертного моделирования;
- 2) формирование алгоритмической схемы, объединяющей визуально-экспертное и оптимизационное моделирование при решении задач оптимального управления ресурсным обеспечением развития организационной системы.

Визуализация данных мониторинга для построения процедур визуально-экспертного моделирования

Визуализация данных способствует ускорению и повышению точности принятия решений в том случае, если результаты визуальной трансформации в наибольшей мере согласуются с наглядно-образными механизмами интуиции эксперта [8]. Поэтому важно выбрать такие формы графического представления, которые инициировали эффективные оценки эксперта на всех трех этапах оптимального управления.

Реализация указанных этапов прежде всего связана с визуальным анализом временных рядов мониторинговой информации (1), наиболее информативным для последующего экспертного оценивания при выполнении ряда действий:

- 1) выбора структуры прогностической модели при заданном горизонте планирования;
- 2) установления ранговой упорядоченности показателей $y_j, j = \overline{1, J}$ по значимости их влияния на развитие организационной системы;
- 3) сравнительного оценивания динамики изменения показателей эффективности $y_{j'}^M(t_1), j' = \overline{1, J'}, t_1 = \overline{1, T_1}$ в зависимости от объемов ресурсного обеспечения $V_{j'}^M(t_1)$ на основе прогностического моделирования по данным мониторинга реального функционирования организационной системы (1) и экспертного прогнозирования функций $\hat{y}_{j'}^{st_1}(\hat{v}_{j'}^{t_1})$.

Разнообразие действий по выбору структуры прогностической модели $y_{j'}^M = f_{j'}(t_1)$ зависит от метода ее последующей параметрической идентификации. В случае использования методов наименьших квадратов или экспоненциального сглаживания целесообразно использовать структуры на основе элементарных функций [9]:

$$\begin{aligned} y_{j'}^M(t_1) &= a_0 + a_1 t_1, \\ y_{j'}^M(t_1) &= a_0 + a_1 t_1 + a_2 t_1^2, \\ y_{j'}^M(t_1) &= a_0 e^{a_1 t_1}. \end{aligned}$$

Выбор одной из этих моделей эксперт осуществляет с использованием визуализации в виде диаграммы ретроспективных данных $y_j(t), j = \overline{1, J}, t = \overline{1, T}$ (Рисунок 1).

В случае использования нейросетевого моделирования [10] из нескольких структур нейронной сети, полученных при использовании пакета программ машинного обучения, лучшую эксперт выбирает путем сравнения соответствия ретроспективных и прогнозируемых данных. В [11] показано, что в этом случае наиболее информативная для эксперта форма визуализации, на которой ретроспективные данные отделены от прогнозных значений разным характером штриховки или цветом (Рисунок 1).

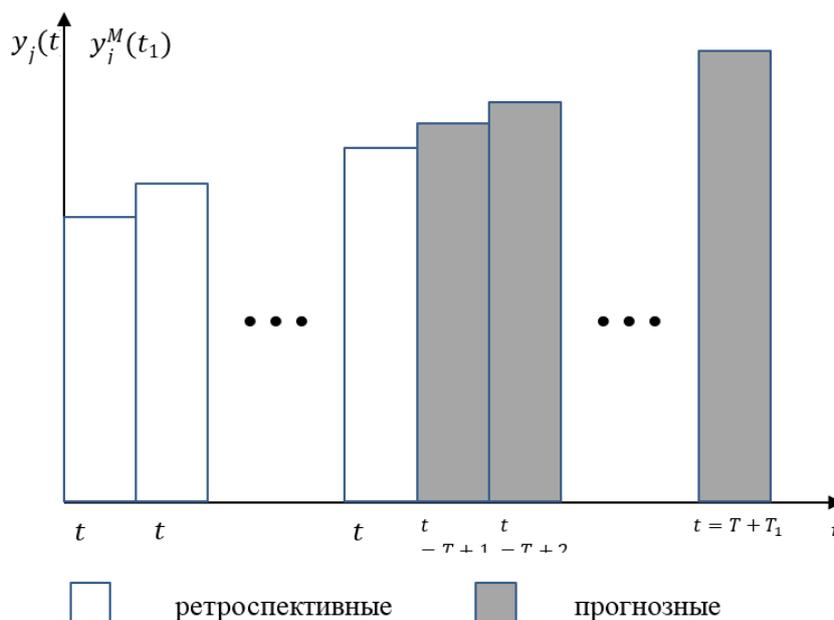


Рисунок 1 – Диаграмма изменения ретроспективных данных и прогнозных значений
Figure 1 – Retrospective data change chart and forecast values

При установлении ранговой упорядоченности показателей $y_j, j = \overline{1, J}$ целесообразно совместить две визуальные трансформации: радиальную диаграмму с указанием значений $y_j(T)$ и y_j^o [6] и диаграмму изменения $y_j(t), y_j(t_1)$ (Рисунок 1). Совмещение этих диаграмм является информативным для эксперта при редукции множества показателей до множества $j_1 = \overline{1, J_1}$, указаний ранга показателя на нумерационном множестве $j_1 = \overline{1, J_1}$ и определении коэффициентов значимости

$$0 \leq \alpha_{j_1} \leq 1, \sum_{j_1=1}^J \alpha_{j_1} = 1$$

для решения оптимизационной задачи (2) [6] с формированием множества $j' = \overline{1, J'}$.

Сравнительное оценивание динамики изменения показателей эффективности $y_{j'}^M(t)$ и $\hat{y}_{j'}^{at_1}$ в зависимости от объемов ресурсного обеспечения $v_{j'}^M(t_1)$ и $\hat{v}_{j'}^{t_1}, j' = \overline{1, J'}, t_1 = \overline{1, T_1}$ целесообразно провести путем одновременного представления эксперту в виде диаграмм прогнозных модельных значений $\hat{y}_{j'}^M, v_{j'}^M(t_1)$ (Рисунок 2) и $t_1 = \overline{1, T_1}$ экспертных зависимостей $y_{j'}^{at_1}(\hat{v}_{j'}^{t_1})$ (Рисунок 3), где $\hat{y}_{j'}^M$ – нормированные значения

$\hat{y}_{j'}^M(t_1) = \frac{y_{j'}^o - y_{j'}^M(t_1)}{y_{j'}^o}$; значения $v_{j'}^M(t_1)$ определяются на основе модели $v_{j'}(t_1) = \varphi_{j'}(t_1)$;

$\hat{v}_{j'}^{t_1} = v_{j'}(T) + t_1 \cdot \frac{v_{j'} - v_{j'}(T)}{T_1}$ – значения элементов дискретного множества (4).

Используя рассмотренную визуальную трансформацию, перейдем к формированию единой алгоритмической схемы принятия решений по распределению ресурсного обеспечения при заданном горизонте планирования развития организационной системы.

Алгоритмическая схема визуально-экспертного и оптимизационного моделирования

Сформируем алгоритмическую схему путем объединения в единую структуру визуально-экспертного и оптимизационного моделирования.

Процедура 1 визуально-экспертного моделирования реализует определение прогностических оценок показателей эффективности $y_{j'}^M(t_1)$ по ретроспективным данным $y_j'(t)$, объемов ресурсного обеспечения $v_{j'}^M(t_1)$ по ретроспективным данным $v_j(t)$ с последующим визуальным отображением на диаграммах, приведенных на Рисунке 1 и Рисунке 2 и включает следующие действия:

- 1) визуализация данных мониторинга за период времени $t = \overline{1, T}$ $y_j = (t), v_j(t)$ в виде диаграмм (Рисунок 1);
- 2) экспертный выбор структуры прогностических моделей $y_{j'}^M(t_1) = f_j(t_1), v_{j'}^M(t_1) = \varphi_j(t_1)$ на основе элементарных функций;
- 3) параметрическая идентификация прогностических моделей путем выбора экспертом одного из методов: наименьших квадратов, экспоненциального сглаживания;
- 4) экспертное решение о необходимости нейросетевого прогностического моделирования;
- 5) сравнительная оценка экспертом по диаграммам прогнозных значений для разных структур нейросетевой модели и выбор лучшей, исходя из анализа визуальной трансформации ретроспективных данных (Рисунок 1);
- 6) визуальное представление ретроспективных данных и прогнозных значений на одной диаграмме для последующих процедур.

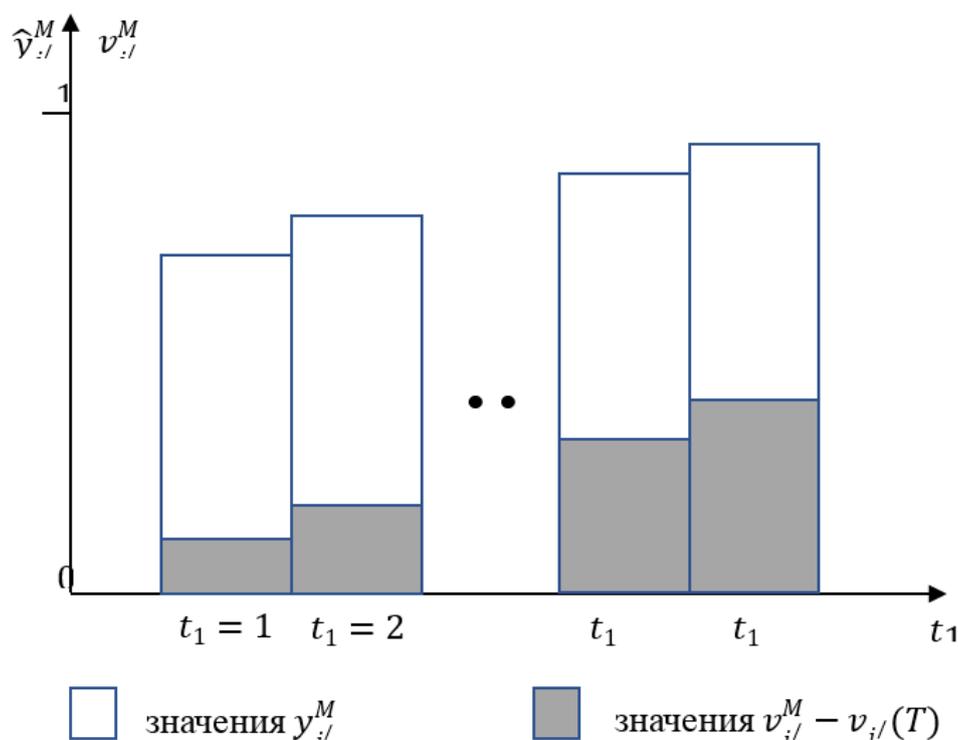


Рисунок 2 – Диаграмма изменения нормированных прогнозных значений показателей эффективности $y_{j'}^M$ и прогнозных значений объема ресурсного обеспечения $v_{j'}^M$

Figure 2 – Diagram of changes in normalized forecast values of $y_{j'}^M$ performance indicators and forecast values of resource support volume $v_{j'}^M$

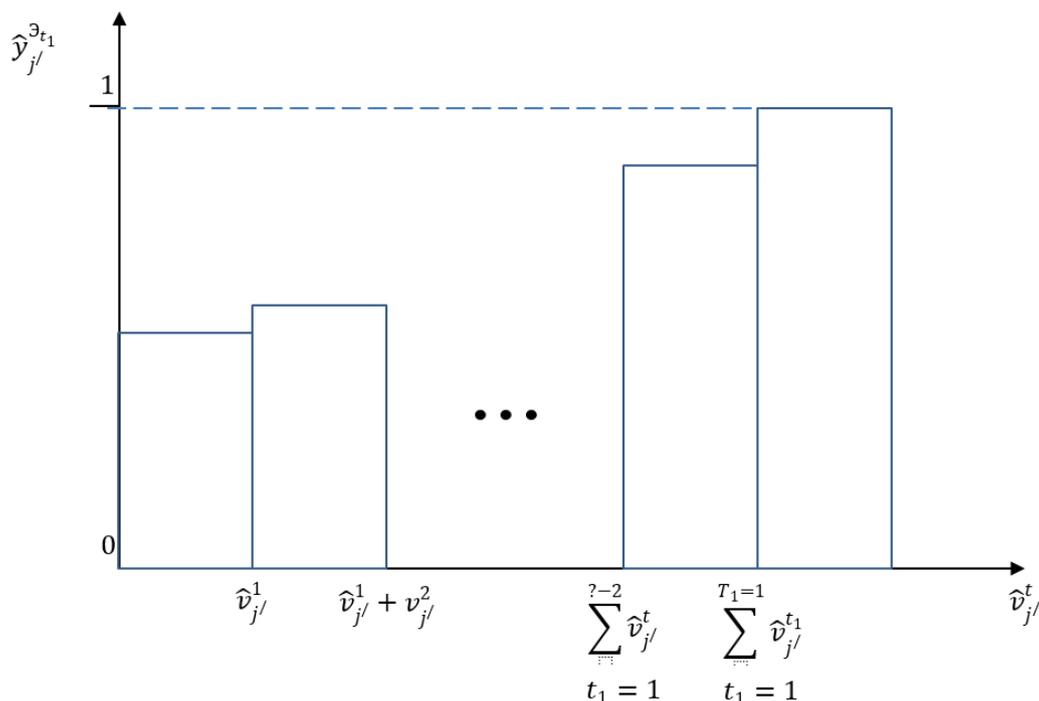


Рисунок 3 – Диаграмма изменения нормированных экспертных оценок показателей эффективности для всех интервалов времени $t_1 = \overline{1, T_1}$ при равномерном увеличении объемов ресурсного обеспечения от $\hat{v}_{j'}^1$ до $\hat{v}_{j'}^{T_1} = v_{j'}^0$

Figure 3 – Diagram of changes in normalized expert estimates of performance indicators for all time ranges $t_1 = \overline{1, T_1}$ with a uniform increase in the volume of resource support from $\hat{v}_{j'}^1$ to $\hat{v}_{j'}^{T_1} = v_{j'}^0$

Процедура 2 визуально-экспертного моделирования направлена на выполнение этапа 1 и включает следующие действия:

- 1) визуализация в форме радиальной диаграммы значений показателей $y_j(T)$ и y_j^0 ;
- 2) экспертная редукция множества показателей $j = \overline{1, J}$ до множества $j_1 = \overline{1, J_1}$ на основе радиальной диаграммы;
- 3) экспертное формирование ранговой упорядоченности показателей с определением значений рангов r_{j_1} на основе сравнения визуальных представлений в форме радиальной диаграммы y_{j_1} , временных диаграмм $y_{j_1}(t)$ (Рисунок 1) с использованием метода априорного ранжирования [2];
- 4) расчет коэффициентов значимости показателей α_j для формирования оптимизационной модели (2):

$$\alpha_{j_1} = \frac{1}{J_1} \sum_{j_1=1}^{J_1} \left(1 - \frac{r_{j_1}}{\sum_{j_1=1}^{J_1} r_{j_1}} \right).$$

Процедура 1 оптимизационного моделирования направлена на решение задачи (2) второго этапа с использованием итерационной рандомизированной схемы поиска оптимальных значений $x_{j_1}^*$ [3] и включает следующие действия:

- 1) экспертное задание вероятностных характеристик рандомизированного поиска на первой итерации ($k = 1$);
- 2) $P_{x_{j_1}}^1 = 0,5, j_1 = \overline{1, J_1}, P_{j_1}^1 = \frac{1}{J_1}, j_1 = \overline{1, J_1}$;

3) выбор в соответствии с распределением $p_{j_1}^k, j_1 = \overline{1, J_1}$ номера координаты поиска \hat{j}_1 ;

4) генерация случайных значений \tilde{x}_{j_1} для всех j_1 кроме \hat{j}_1 в соответствии с распределениями $p_{j_1}^k, j_1 = \overline{1, J_1}, j_1 \neq \hat{j}_1$;

5) вычисление вариаций оптимизируемой функции при фиксированных значениях $x_{j_1}^*$ и случайных значениях \tilde{x}_{j_1} ;

6) коррекция вероятностных характеристик на основе значений вариации оптимизируемой функции;

7) проверка правила останова и определение $x_{j_1}^* = 1$ для формирования множества показателей $j = \overline{1, J} \in \overline{1, J_1}$.

Процедура 3 визуально-экспертного моделирования предназначена для построения функций $\hat{y}_{j'}^{t_1}(\hat{v}_{j'}^{t_1})$, необходимых для формирования оптимизационной модели (3) третьего этапа и включает следующие действия:

1) визуализация изменений за период $t_1 = \overline{1, T_1}$ нормированных прогнозных значений показателей эффективности $\hat{y}_{j'}^M(t_1), j' = \overline{1, J'}$ и прогнозных значений объема ресурсного обеспечения $v_{j'}(t_1)$ (Рисунок 2);

2) формирование значений элементов дискретного множества $v_{j'}^1, \hat{v}_{j'}^2, \dots, \hat{v}_{j'}^{T_1-1}, \hat{v}_{j'}^{T_1}$;

3) экспертный выбор значений показателя эффективности для каждого интервала времени $t_1 = \overline{1, T_1}$ при соответствующем значении $\hat{v}_{j'}^{t_1}$ с использованием принципа дополненной реальности [2] по совмещению прогноза реального функционирования организационной системы (рис.2) и виртуального прогноза эксперта;

4) формирование виртуального представления в виде диаграмм (рис.3) $\hat{y}_{j'}^{t_1}(v_{j'}^{t_1})$ для всех $t_1 = \overline{1, T_1}$ с предварительным заданием экспертом уровня показателя $y_{j'}^0$;

5) экспертное построение последовательности $\hat{y}_{j'}^{t_1}(v_{j'}^{t_1})$ с нарастающей интенсивностью изменения к завершающим интервалам времени в рамках заданного горизонта планирования развития организационной системы.

Процедура 2 оптимизационного моделирования, обеспечивающая решение задачи (3) при заданных зависимостях $\hat{y}_{j'}^{t_1}(v_{j'}^{t_1})$ для всех $t_1 = \overline{1, T_1}$ и включает следующие действия:

1) введение дополнительных переменных $w_{j'}^{t_1}$, принимающих дискретные значения $\hat{v}_{j'}^1, \hat{v}_{j'}^2, \dots, \hat{v}_{j'}^{T_1-1}, \hat{v}_{j'}^{T_1}$;

2) переход от оптимизационной задачи (3) к последовательности задач оптимизации по одной переменной $w_{j'}^{t_1}$

$$\begin{aligned} \Psi_1(w_{j'}^2) &= \min_{0 \leq \hat{v}_{j'}^1 \leq w_{j'}^2} \{ \hat{y}_{j'}^1(\hat{v}_{j'}^1) \}, \\ \Psi_2(w_{j'}^3) &= \min_{0 \leq \hat{v}_{j'}^2 \leq w_{j'}^3} \{ \hat{y}_{j'}^2(\hat{v}_{j'}^2) + \Psi_1(w_{j'}^3 - \hat{v}_{j'}^2) \}, \\ \Psi_{T_1}(w_{j'}^{T_1+1}) &= \min_{0 \leq \hat{v}_{j'}^{T_1} \leq w_{j'}^{T_1+1}} \{ \hat{y}_{j'}^{T_1}(\hat{v}_{j'}^{T_1}) + \Psi_{T_1-1}(w_{j'}^{T_1+1} - \hat{v}_{j'}^{T_1}) \}; \end{aligned} \quad (5)$$

3) последовательное решение задач оптимизации (5) полным перебором на дискретном множестве, соответствующем дополнительным переменным $w_{j_j}^{t_1}$, до получения оптимального распределения интегрального объема ресурсного обеспечения $v_{j_j}^o$ между интервалами времени $t_1 = \overline{1, T_1}$ при заданном горизонте планирования развития организационной системы T_1 и желаемом уровне показателя $u_{j_j}^o$:

$$v_{j_j}^{*1}, v_{j_j}^{*2}, \dots, v_{j_j}^{*T_1-1}, v_{j_j}^{*T_1}.$$

Заключение

Принятие управленческих решений по распределению объемов ресурсного обеспечения процесса развития организационной системы на перспективный период, определенный заданным горизонтом планирования, составляет одну из главных задач управления в организационных системах.

Связанность этой задачи с временной перспективой и выбором наилучшего варианта распределения определяет ее прогностический и оптимизационный характер. При этом сложилась определенная этапность ее решения, основанная на сочетании методов прогнозирования, оптимизации и экспертного оценивания.

Ускорить и повысить точность принятия решений позволяет возможность использования наглядно-образных механизмов интуиции эксперта на основе информативной визуальной трансформации исходных и промежуточных данных.

Интеграция процедур визуально-экспертного, прогностического и оптимизационного моделирования обеспечивает формирование единой алгоритмической схемы управления ресурсным обеспечением процесса развития организационной системы при заданном горизонте планирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Львович Я.Е., Львович И.Я., Чопоров О.Н. *Оптимизация цифрового управления в организационных системах*: коллективная монография; под общей редакцией Я.Е. Львовича. Воронеж: ИПЦ "Научная книга"; 2021. 191 с.
2. Львович И.Я., Львович Я.Е., Фролов В.Н. *Информационные технологии моделирования и оптимизации: краткая теория и приложения*. Воронеж: ИПЦ "Научная книга"; 2016. 444 с.
3. Львович Я.Е. *Многоальтернативная оптимизация: теория и применение*. Воронеж: Издательский дом "Кварта"; 2006. 415 с.
4. Батищев Д.И., Львович Я.Е., Фролов В.Н. *Оптимизация в САПР*. Воронеж: Изд-во Воронежского госуниверситета; 1997. 416 с.
5. Львович Я.Е., Львович И.Я. *Принятие решений в экспертно-виртуальной среде*. Воронеж: ИПЦ "Научная книга"; 2010. 140 с.
6. Львович А.И., Преображенский А.П. Алгоритмизация процесса визуально-экспертного моделирования при оптимизации управления развитием организационной системы с использованием мониторинговой информации. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2022;10(2).
7. Паклин Н.Б., Орешков В.И. *Визуализация данных. Бизнес-аналитика. От данных к знаниям*. 2-е изд. СПб.: Питер; 2013. С. 173–210.
8. Гурова П.П. *Психологический анализ решения задач*. Воронеж : Изд-во ВГУ; 1976. 327 с.

9. Гаскаров Д.В., Голинкевич Т.А., Мозгалевский А.В. *Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры*. М.: Сов. радио. 1974. 224 с.
10. Крючин О.В. Прогнозирование временных рядов с помощью искусственных нейронных сетей и регрессивных моделей на примере прогнозирования котировок валютных пар. *Электронный научный журнал «Исследования в России»*. 30:354–362.
11. Базалева О.И. *Мастерство визуализации данных*. СПб: ООО «Диалектика»; 2020. 192 с.
12. Портер М. Хеппельман Дж. *Почему каждой организации нужна стратегия дополнительной реальности*. В книге.: Искусственный интеллект, аналитика и новые технологии. Пер. с англ. М.: Альпина Паблишер; 2022. С. 67–94.

REFERENCES

1. Lvovich Ya.E., Lvovich I.Ya., Choporov O.N. *Optimization of digital management in organizational systems*: collective monograph; under the general editorship of Y.E. Lvovich. Voronezh: CPI "Nauchnaya kniga"; 2021. 191 p. (In Russ.).
2. Lvovich I.Ya., Lvovich Ya.E., Frolov V.N. *Information technologies of modeling and optimization: brief theory and applications*. Voronezh: IPC "Nauchnaya kniga"; 2016. 444 p. (In Russ.).
3. Lvovich Ya.E. *Multialternative optimization: theory and application*. Voronezh: Izdatel'skii dom "Kvarta"; 2006. 415 p. (In Russ.).
4. Batishchev D.I., Lvovich Ya.E., Frolov V.N. *Optimization in CAD*. Voronezh: Izd-vo Voronezhskogo gosuniversiteta; 1997. 416 p. (In Russ.).
5. Lvovich Ya.E., Lvovich I.Ya. *Decision-making in the expert-virtual environment*. Voronezh: CPI "Nauchnaya kniga"; 2010. 140 p. (In Russ.).
6. Lvovich A.I., Preobrazhensky A.P. Algorithmization of the process of visual-expert modeling in the optimization of management of the development of the organizational system using monitoring information. *Modelirovaniye, optimizatsiya i informatsionnyye tekhnologii = Modeling, optimization and information technology*. 2022, 10(2). (In Russ.).
7. Paklin N.B., Oreshkov V.I. *Data visualization*. Business intelligence. From data to knowledge. 2nd ed. SPb.: Piter; 2013. P. 173–210. (In Russ.).
8. Gurova P.P. *Psychological analysis of problem solving*. Voronezh: Izd-vo VGU; 1976. 327 p. (In Russ.).
9. Gaskarov D.V., Golinkevich T.A., Mozgalevsky A.V. *Forecasting the technical condition and reliability of radio-electronic equipment*. М.: Sov. radio; 1974. 224 p. (In Russ.).
10. Kryuchin O.V. Forecasting time series using artificial neural networks and regressive models on the example of forecasting quotes of currency pairs. *Electronic scientific journal "Research in Russia"*. 30:354–362. (In Russ.).
11. Bazaleva O.I. *Mastery of data visualization*. СПб: ООО «Диалектика»; 2020. 192 p. (In Russ.).
12. Porter M. Heppelman J. *Why every organization needs an augmented reality strategy*. In book.: Artificial Intelligence, Analytics and New Technologies. Per. with English M.: Alpina Publisher; 2022. P. 67–94. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Львович Артем Игоревич, студент, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация.
e-mail: office@vvt.ru

Artyom I. Lvovich, Student, Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russian Federation.

Преображенский Андрей Петрович, доктор технических наук, профессор Воронежского института высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация.
e-mail: app@vvt.ru
ORCID: [0000-0002-6911-8053](https://orcid.org/0000-0002-6911-8053)

Andrey P. Preobrazhenskiy, Doctor of Technical Sciences, Professor at Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russian Federation.

Статья поступила в редакцию 10.09.2022; одобрена после рецензирования 19.09.2022; принята к публикации 23.09.2022.

The article was submitted 10.09.2022; approved after reviewing 19.09.2022; accepted for publication 23.09.2022.